

PRV

PATENT- OCH REGISTRERINGSVERKET
Patentavdelningen

REC'D 20 JUN 1997

WIPO PCT

Intyg Certificate

Härmed intygas att bifogade kopior överensstämmer med de handlingar som ursprungligen ingivits till Patent- och registreringsverket i nedannämnda ansökan.

This is to certify that the annexed is a true copy of the documents as originally filed with the Patent- and Registration Office in connection with the following patent application.



(71) Sökande Asea Brown Boveri AB, Västerås SE
Applicant (s)

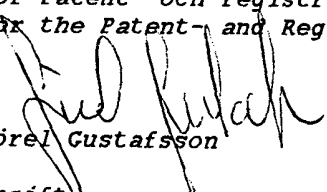
(21) Patentansökningsnummer 9700335-4
Patent application number

(86) Ingivningsdatum 1997-02-03
Date of filing

PRIORITY DOCUMENT

Stockholm, 1997-06-12

För Patent- och registreringsverket
For the Patent- and Registration Office


Görel Gustafsson

Avgift
Fee

PATENT- OCH
REGISTRERINGSVERKET
SWEDEN

Postadress/Adress
Box 5055
S-102 42 STOCKHOLM

Telefon/Phone
+46 8 782 25 00
Vx 08-782 25 00

Telex
17978
PATOREG S

Telefax
+46 8 666 02 86
08-666 02 86

KN 8137 SE
G L
1997-01-31

5

10 Transformator, reaktor

TEKNISKT OMRÅDE

15

Vid all överföring och distribution av elektrisk energi ingår transformatorer och deras uppgift är att medge utbyte av elektrisk energi mellan två eller flera elsystem. En transformator är att hänföra till en klassisk elektrisk produkt som både teoretiskt och praktiskt har funnits i mer än 100 år. Detta framgår med all tydlighet av den tyska patentskriften DE 40414 från 1885. Transformatorer finns tillgängliga i alla effektområden från VA upp till 1000 MVA-området. När det gäller spänningsområdet finns ett spektrum upp till de högsta överföringsspänningar som används i dag.

25

En transformator tillhör en elektrisk produktgrupp som, åtminstone när det gäller det principiella funktionssättet, är relativt lätt att förstå. För energiöverföringen mellan elsystemen utnyttjas elektromagnetisk induktion. Det finns ett stort antal läroböcker och artiklar som mer eller mindre teoretiskt och praktiskt beskriver transformatorns teori, beräkning, tillverkning, användning, livslängd m m. Det finns dessutom ett stort antal patentskrifter som handlar om successivt bättre utföranden av de olika delarna av en transformator, som t ex lindningar, kärna, låda, tillbehör, kylning m m.

35

Med tanke på att transformatorn har varit känd så länge kan man med rätta fråga sig om det finns flera problem att lösa när det gäller transformatorer. Tillkomsten av nya material, nya elektriska komponenter, förändrade kundkrav och nytänkande i övrigt ligger till grund för en transformator enligt den uppfinning som kommer att beskrivas nedan. Den transformator som avses tillhör de så kallade krafttransformatorerna med märkeffekt från något hundratal kVA upp till över 1000 MVA med märkspänning från 3-4 kV och upp till mycket höga överföringsspänningar.

45

Den uppfinningsidé som som ligger till grund för rubricerade uppfinning är också applicerbar för reaktorer. Den följande beskrivningen av teknikens ståndpunkt avser dock huvudsakligen krafttransformatorer. Reaktorer kan som bekant utföras enfasiga och trefasiga. I fråga om isolering och kylning finns i princip samma utföringsformer som för transformatorer. Det förekommer således luftisolerade och oljeisolerade, självkyllda, tryckoljekyllda osv reaktorer. Även om reaktorer har en lindning (per fas) och kan utföras både med och utan järnkärna är beskrivningen av teknikens ståndpunkt till stora delar relevant för reaktorer.

TEKNIKENS STÅNDPUNKT, PROBLEMEN

För att kunna sätta in en krafttransformator/reaktor enligt uppfinningen i sitt rätta sammanhang och därmed kunna beskriva det nytänkande som uppfinningen innebär och de fördelar som uppfinningen besitter relativt teknikens ståndpunkt, skall nedan först anges en relativt fylig beskrivning av en krafttransformator som den utförs i dag. En sådan krafttransformator kommer nedan att omtalas som en konventionell krafttransformator och beskrivningen kommer att innefatta de begränsningar och problem som finns när det gäller beräkning, konstruktion, isolation, jordning, tillverkning, användning, testning, transport m m av dessa transformatorer.

Som omtalat ovan finns det en omfattande litteratur som beskriver och redogör för transformatorer i allmänhet och även speciellt för konventionella krafttransformatorer. Som exempel på inom aktuellt teknikområde välkänd litteratur kan nämnas:

The J & P Transformer Book, A practical Thechnology of the Power Transformer, av A. C. Franklin och D. P. Franklin, utgiven av Butterworths, utgåva 11, 1990.

När det gäller den inre elektriska isoleringen av lindningar m m kan nämnas:

Transformerboard, Die Vervendung von Transformerboard in Grossleistungstransformatoren av H. P. Moser, utgiven av H. Weidman AG, CH-8640 Rapperswil med "Gesamtherstellung: Birkhäuser AG, Basel.

Den senare skriften har getts ut av isolationstillverkaren Weidman i CH och utgör varje transformatorstillverkares baslitteratur.

När det gäller den principiella och teoretiska beräkningen av en krafttransformator enligt uppfinningen med avseende på effekt, spänning, förluster m m gäller i stora drag samma ekvationer, regler, kriterier m m som för en konventionell krafttransformator. Därför
5 kommer den följande beskrivningen inte att redovisa de mera teoretiska och beräkningstekniska aspekterna på krafttransformatorer. När det gäller beskrivningen av teknikens ståndpunkt, dvs av en konventionell krafttransformator, innefattar beskrivningen dock de områden hos en sådan transformator där denna skiljer sig från eller uppvisar problem
10 relativt en krafttransformator enligt uppfinningen.

Rent generellt gäller att en krafttransformators främsta uppgift är att medge utbyte av elektrisk energi mellan två eller flera elsystem av oftast skilda spänningar med samma frekvens.

15 En konventionell krafttransformator innefattar en transformatorkärna, nedan kallad kärna, ofta av laminerad orienterad plåt, vanligtvis av kiseljärn. Kärnan består av ett antal kärnben förbundna med ok som tillsammans bildar ett eller flera kärnfönster. Transformatorer med en
20 sådan kärna kallas ofta kärntransformatorer. Runt kärnbenen finns ett antal lindningar som i regel benämns som primär-, sekundär- och reglerlindning. När det gäller krafttransformatorer är dessa lindningar praktiskt taget alltid koncentriskt anordnade och distribuerade utefter kärnbenens längd. Kärntransformatorn har i regel cirkulära spolar samt
25 avtrappad bensektion för att så nära som möjligt fylla ut spolarna.

Ibland förekommer även andra typer av kärnkonstruktioner som t ex de som ingår i så kallade manteltransformatorer. Dessa har i regel rektangulära spolar och rektangulär bensektion.

30 Konventionella krafttransformatorer, i den lägre delen av ovannämnda effektområde, utförs i bland med luftkylning för att föra bort de oönskviga egna förlusterna. För att skydda mot beröring, och eventuellt för att reducera transformatorns yttre magnetfält kan den
35 förses med ett yttre hölje försett med ventilationsöppningar.

De flesta konventionella krafttransformatorerna är dock oljekylida. Ett av skälen till detta är att oljan dessutom har den mycket viktiga funktionen som isolationsmedium. En oljekylid och oljeisolerad
40 konventionell krafttransformator måste därför omges av en yttre låda som det av den nedan följande beskrivningen framgår, ställs mycket stora krav på.

45 Konventionella oljeisolerade krafttransformatorer tillverkas också med vattenkylning av oljan.

Den följande delen av beskrivningen kommer till större delen att vara hänförlig till konventionella oljefyllda krafttransformatorer.

De ovan nämnda lindningarna bildas av en eller flera seriekopplade spolar uppbyggda av ett antal seriekopplade varv. Spolarna är dessutom försedda med en särskild anordning för att kunna medge omkoppling mellan spolarnas uttag. En sådan anordning kan vara utformad för omkoppling med hjälp av skruvförband eller mera ofta med hjälp av en särskild i anslutning till lådan manövrerbar omkopplare. För det fall omkoppling kan ske för en transformator under spänning benämnes omkopplaren lindningskopplare medan den i annat fall benämnes omsättningskopplare.

När det gäller oljefyllda och oljeisolerade krafttransformatorer i det övre effektområdet är lindningskopplarnas brytelement placerade i särskilda oljefyllda behållare med direkt anknytning till transformatorns låda. Brytelementen manövreras rent mekaniskt via en motordriven roterande axel och anordnade så att man får en snabb rörelse vid omkopplingen vid öppen kontakt och en långsammare rörelse när kontakten skall slutas. Lindningskopplarna som sådana är dock placerade i själva transformatorlådan. Vid manövreringen uppstår ljusbågar och gnistbildning. Detta leder till degradering av oljan i behållarna. För att få mindre ljusbågar och därmed även mindre sotbildning och mindre slitage på kontakterna är lindningskopplarna normalt kopplade till transformatorns högspänningssida. Detta beror på att de strömmar som behöver brytas respektive kopplas är mindre på högspänningssidan än om lindningskopplarna skulle vara anslutna till lågspänningssidan. Felstatistik på konventionella oljefyllda krafttransformatorer visar att det ofta är lindningskopplare som ger upphov till fel.

I det lägre effektområdet av oljefyllda och oljeisolerade krafttransformatorer är både lindningskopplarna och deras brytelement placerade inuti lådan. Detta innebär att ovan nämnda problem med degradering av oljan på grund av ljusbågar vid manövrering m m drabbar hela oljesystemet.

En väsentlig skillnad mellan en konventionell krafttransformator och en krafttransformator enligt uppfinningen gäller de isolationstekniska förutsättningarna. Därför skall något mera i detalj och med hänvisning till figur 1 beskrivas varför isolationssystemet är uppbyggt som det är hos konventionella krafttransformatorer enligt känd teknik.

Ur pålagd eller inducerad spänningssynpunkt kan man i stora drag säga att en spänning som stationärt ligger över en lindning fördelar sig lika

på varje varv av lindningen, dvs att varvspänningen är lika på samtliga varv.

Ur elektrisk potentialsynpunkt är dock situationen helt annorlunda. Den ena änden av en lindning, antag den nedre änden av en lindning 1 enligt figur 1, är i regel ansluten till jord. Detta innebär dock att den elektriska potentialen hos varje varv ökar linjärt från praktiskt taget noll hos det varv som ligger närmast jordpotentialen upp till en potential hos de varv som finns vid lindningens andra ände som motsvarar den pålagda spänningen.

I figur 1, som förutom lindning 1 innefattar en kärna 2, visas en förenklad och principiell bild av den elektriska fältfördelningens ekvipotentiallinjer 3 hos en konventionell lindning då lindningens nedre del förutsättes befinna sig på jordpotential. Denna potentialfördelning bestämmer isolationssystemets uppbyggnad eftersom man måste ha tillräcklig isolation både mellan intilliggande varv hos lindningen och mellan varje varv och jord. Av figuren framgår således att den övre delen av lindningen utsättes för de högsta isolationstekniska belastningarna. En lindnings utformning och placering relativt kärnan bestäms på detta sätt huvudsakligen av den elektriska fältfördelningen i kärnfönstret.

Varven i en enskild spole är normalt sammanförda till en geometrisk sammanhängande enhet, fysiskt avgränsad från de övriga spolarna. Avståndet mellan spolarna bestäms också av den dielektriska påkänningen som kan tillåtas uppträda mellan spolarna. Detta innebär således att det även krävs ett visst givet isolationsavstånd mellan spolarna. Enligt ovan krävs på samma sätt tillräckliga isolationsavstånd också till övriga elektriskt ledande föremål som befinner sig i det elektriska fältet från den i spolarna lokalt uppträdande elektriska potentialen.

Det framgår således av det ovan anförda att för de enskilda spolarna är spänningsskillnaden internt mellan fysiskt närliggande ledarelement relativt låg medan spänningsskillnaden utåt mot andra metallföremål, här inbegripet övriga spolar, kan vara relativt hög. Spänningsskillnaden bestäms dels av den, genom magnetisk induktion, inducerade spänningen, samt dels av de kapacitivt fördelade spänningarna som kan uppträda från ett anslutet yttre elsystem på transformatorns yttre anslutningar. Till de spänningstyper som kan komma in externt kan förutom driftspänning räknas åsköverspänningar och kopplingsöverspänningar.

I spolarnas strömledare uppstår tillsatsförluster på grund av det magnetiska läckfältet runt ledaren. För att hålla dessa förluster så låga

som möjligt, speciellt för krafttransformatorer i det övre effektområdet är ledarna normalt uppdelade i ett antal, vid drift parallellkopplade, ledarelement, ofta benämnda parter. Dessa parter måste transponeras enligt ett sådant mönster att den inducerade spänningen i varje part blir
 5 så lika som möjligt och så att skillnaden i inducerad spänning mellan varje par av parter blir så liten som möjligt för att internt cirkulerande strömkomponenter kan hållas nere på en ur förlustsynpunkt rimlig nivå.

Vid konstruerandet av transformatorer gäller generellt att man strävar
 10 efter att ha så stor mängd ledarmaterial som möjligt inom en given area begränsad av det så kallade transformatorfönstret, allmänt omtalat som att ha en så hög fyllfaktor som möjligt. Inom det tillgängliga utrymmet skall förutom ledarmaterialet även finnas spolarnas tillhörande
 15 isolationsmaterial, dels internt mellan spolarna och dels till övriga metalliska komponenter inklusive den magnetiska kärnan.

Isolationssystemet dels inom en spole/lindning och dels mellan
 spolar/lindningar och övriga metalldetaljer är normalt utformat som en
 20 fast cellulos- eller lackbaserad isolation närmast det enskilda ledarelementet samt där utanför av fast cellulosa och flytande, eventuellt också gasformig, isolation. Lindningar med isolation och eventuella
 25 stagningsdelar representerar på detta sätt stora volymer som kommer att utsättas för höga elektriska fältstyrkor som uppträder i och kring de aktiva elektromagnetiska delarna hos transformatorn. För att kunna
 30 förutbestämma de dielektriska påkänningarna som uppstår och uppnå en dimensionering med minimal risk för sammanbrott, krävs god kännedom om isolationsmaterialens egenskaper. Det är också viktigt att åstadkomma en sådan omgivande miljö att den inte förändrar eller
 nedsätter isolationsegenskaperna.

Det i dag förhärskande isolationssystemet för högspända konventionella
 krafttransformatorer består av cellulosa material som den fasta
 35 isolationen och transformatorolja som den flytande isolationen. Transformatoroljan är baserad på så kallad mineralolja.

Transformatoroljan har en dual funktion eftersom den också förutom
 den isolerande funktionen aktivt medverkar till kylning av kärna,
 40 lindning m m genom borttransport av transformatorns förlustvärme. Oljekylning kräver oljepump, yttre kylelement, expansionskoppling m m.

Den elektriska förbindelsen mellan transformatorns yttre anslutningar
 och de närmast anslutna spolarna/lindningarna benämnes genomföring
 45 syftande till en konduktiv förbindelse genom den låda som vid oljeförsedda krafttransformatorer omger själva transformatorn. Genomföringen är oftast en separat komponent fixerad vid lådan och är

byggd för att klara förekommande isolationskrav både på lådans utsida och insida samtidigt som den skall kunna tåla aktuella strömbelastningar och därav följande strömkrafter.

- 5 Det skall påpekas att samma krav på isolationssystemet som ovan beskrivits vad gäller lindningarna även gäller för erforderliga interna förbindningar mellan spolar, mellan genomföringar och spolar, skilda typer av omkopplare och genomföringarna som sådana.
- 10 Samtliga metalliska komponenter inuti en konventionell krafttransformator är normalt anslutna till en given jordpotential med undantag för de strömförande ledarna. Härigenom undviks risken för oönskad och svårkontrollerad potentialhöjning till följd av kapacitiv spänningsfördelning mellan strömledare på hög potential och jord. En
- 15 sådan oönskad potentialhöjning kan ge upphov till partiella urladdningar, så kallad glimning. Sådan glimning kan dels avslöjas vid de normala leveransproven, vilka delvis sker vid, jämfört med märkdata, förhöjd spänning och frekvens, och dels ge upphov till skador under normal drift.
- 20 De enskilda spolarna i en transformator måste ha en sådan mekanisk dimensionering att de kan utstå förekommande påkänningar till följd av uppträdande strömmar och därav följande strömkrafter under ett kortslutningsförlopp. Normalt utföres spolarna så att uppträdande
- 25 krafter tas upp inom varje enskild spole, vilket i sin tur kan medföra att spolen inte kan dimensioneras optimalt för sin normala funktion under normal drift.
- Inom ett snävt spännings- och effektområde av oljefyllda
- 30 krafttransformatorer är lindningarna utformade som så kallade bandlindningar. Detta innebär att de tidigare omtalade enskilda ledarna har ersatts av tunna band. Bandlindade krafttransformatorer tillverkas för spänningar upp till 20 - 30 kV och för effekter upp till 20 - 30 MW.
- 35 Isolationssystemet hos konventionella krafttransformatorer inom det övre effektområdet kräver förutom en relativt komplicerad uppbyggnad även speciella tillverkningsåtgärder för att på bästa sätt utnyttja isolationssystemets egenskaper. För att god isolation skall uppnås skall
- 40 isolationssystemet ha låg fukthalt, den fasta delen av isolationen skall vara väl impregnerad med den omgivande oljan och risken för kvarvarande "gas"-fickor i den fasta delen måste vara minimal. För att säkerställa detta genomföres, för konventionella oljefyllda krafttransformatorer under tillverkningen, en speciell tork- och
- 45 impregneringsprocess på en komplett kärna med lindningar innan den sättes ned i en låda. Efter denna torknings- och impregneringsprocess sätts transformatorn ned i lådan som sedan förslutes. Innan påfyllning

av olja sker måste lådan med nedsänkt transformator tömmas på all luft. Detta sker i samband med en speciell vakuumbehandling. När detta har verkställts sker påfyllning av olja.

- 5 För att kunna erhålla utlovad livslängd m m av en konventionell oljefylld transformator krävs i samband med vakuumbehandlingen utpumpning till i det närmaste absolut vakuum. Detta förutsätter således att lådan som omger transformatorn konstrueras för fullt vakuum, vilket innebär väsentlig åtgång av material och tillverkningstid.

10

Om det i en oljefylld krafttransformator har skett elektriska urladdningar eller om det finns en lokal väsentlig höjning av temperaturen hos någon del av transformatorn sönderdelas oljan och gasformiga produkter löses i oljan. Dessa transformatorer förses därför i regel med övervakningsanordningar av löst gas i oljan.

15

Av viktskäl transporteras stora krafttransformatorer utan olja. Montage av transformatorn på plats hos en kund kräver i sin tur förnyad vakuumbehandling. Detta är dessutom en process som måste upprepas varje gång lådan har öppnats för någon åtgärd eller inspektion.

20

Det är uppenbart att dessa processer är mycket tidskrävande och utgör en väsentlig del av den totala tiden för tillverkning och reparation samtidigt som den kräver omfattande praktiska resurser.

25

Isolationsmaterialet i en konventionell krafttransformator utgör en stor del av transformatorns totala volym. För en konventionell krafttransformator i det övre effektområdet är oljemängder i storleksordningen flera tiotals kubikmeter transformatorolja inte ovanliga. Oljan som uppvisar viss likhet med dieselolja är lättflytande med en relativt låg flampunkt. Det är således uppenbart att olja tillsammans med cellulosan utgör en icke försumbar brandrisk vid oavsiktlig upphettning, exempelvis vid internt överslag med av detta förorsakat oljespill.

30

35

Det är också uppenbart att det, speciellt vid konventionella oljefyllda krafttransformatorer, finns ett mycket stort transportproblem. En konventionell oljefylld krafttransformator i det övre effektområdet kan ha en total oljevolym på 40-50 kubikmeter som väger upp till 30-40 ton.

40

För konventionella krafttransformatorer i det övre effektområdet sker transport ofta med en icke oljefylld låda. Det förekommer även att transformatorns yttre konstruktion måste anpassas till den aktuella transportprofilen, dvs till eventuell passage av broar, tunnlar m m.

45

Nedan följer en kort sammanfattning av det som enligt teknikens ståndpunkt, när det gäller oljefyllda konventionella

krafttransformatorer, kan beskrivas som begränsnings- eller problemområden:

En oljefylld konventionell krafttransformator

5

- behöver en yttre låda i vilken skall inrymmas en transformator bestående av en transformator kärna med spolar, olja för isolering och kylning, mekaniska staganordningar av olika slag m m. Det ställs mycket stora mekaniska krav på lådan, eftersom den, utan olja men med transformator, skall kunna vakuumbehandlas till så gott som fullt vakuum. Behovet av en yttre låda innebär mycket omfattande tillverknings- och provningsprocesser. En låda innebär också att transformatorns utvändiga mått blir väsentligt större än för en så kallad "torr" transformator för samma effekt. De större utvändiga måtten medför också i regel stora transportproblem.

15

- är i regel försedd med så kallad tryckoljekylning. Detta kylförfarandet kräver tillgång till oljepump, yttre kylelement, expansionskärl och -koppling m m.

20

- har som en elektrisk förbindelse mellan transformatorns yttre anslutningar och de närmast anslutna spolarna/lindningarna en genomföring fixerad vid lådan. Genomföringen är byggd för att klara förekommande isolationskrav både på lådans utsida och insida.

25

- innefattar spolar/lindningar vars ledare är uppdelade i ett antal ledarelement, parter, som måste transponeras på ett sådant sätt att den inducerade spänningen i varje part blir så lika som möjligt och så att skillnaden i inducerad spänning mellan varje par av parter blir så liten som möjligt.

30

- innefattar ett isolationssystem dels inom en spole/lindning och dels mellan spolar/lindningar och övriga metall detaljer som är utformat som en fast cellulosa- eller lackbaserad isolation närmast det enskilda ledarelementet samt där utanför av fast cellulosa och flytande, eventuellt också gasformig, isolation. Det är dessutom synnerligen viktigt att isolationssystemet har en mycket låg fukthalt.

35

- har som en integrerad del en oljeomgiven lindningskopplare i regel kopplad till transformatorns högspänningslindning för spänningsreglering.

40

- innebär en icke försumbar brandrisk i samband med inre partiella urladdningar, så kallad glimning, gnistbildning i lindningskopplare och andra feltillstånd.

45

- förses med en övervakningsanordning för löst gas i oljan som uppstår vid elektriska urladdningar och lokala temperaturhöjningar.
- kan vid skada eller olycksfall resultera i en omfattande miljöskada på grund av oljeutsläpp.

REDOGÖRELSE FÖR UPPFINNINGEN, FÖRDELAR

- 10 Syftet med uppfinningen är att ta fram ett nytt transformatorkoncept som täcker det effektområde som angetts under beskrivningen av teknikens ståndpunkt, dvs så kallade krafttransformatorer med märkeffekt från något hundratal kVA upp till över 1000 MVA med märkspänning från 3-4 kV och upp till mycket höga
- 15 överföringsspänningar. En viktig del av syftet har varit att detta nya konceptet skall innefatta krafttransformatorer utan oljeisolation och oljekylning. En krafttransformator enligt detta nya koncept kommer nedan att omtalas som en "torr" krafttransformator. En sådan torr krafttransformator har uppenbara stora fördelar relativt en
- 20 konventionell oljefylld krafttransformator. Fördelarna kommer att i mera detalj redovisas nedan. Som omtalat inledningsvis ingår det i uppfinningen att konceptet även kan appliceras på reaktorer både med och utan järnkärna.
- 25 För att kunna uppnå målsättningen enligt ovan kommer den väsentliga skillnaden mellan konventionella oljefyllda krafttransformatorer/reaktorer och en torr krafttransformator/reaktor att bestå i att lindningarna tillverkas av en kabel innefattande åtminstone en ledare bestående av ett antal kardeler med ett inre halvledande skikt runt kardelerna. Utanför detta inre halvledande skikt finns kabelns
- 30 huvudisolering i form av fast extruderad isolation samt omgivande denna fasta extruderade isolering ett yttre halvledande skikt. Kabeln kan i vissa sammanhang ha ytterligare yttre skikt.
- 35 En sådan kabel som kommer till användning enligt uppfinningen är en vidareutveckling av en PEX-kabel eller en kabel med EP-gummiisolation. Vidareutvecklingen innefattar bland annat ett nytt utförande både vad ledarnas kardeler beträffar och att kabeln inte har något yttre hölje för mekaniskt skydd av kabeln.
- 40 En lindning bestående av en sådan kabel kommer att medföra helt andra isolatortekniska förutsättningar än de som gäller för konventionella transformator/reaktorlindningar beroende på den elektriska fältfördelningen. För att utnyttja de fördelar som användandet av
- 45 nämnda kabel medger finns andra möjliga förfaranden vad beträffar jordning hos en transformator/reaktor enligt uppfinningen än vad som

gäller för konventionella oljefyllda krafttransformatorer. Dessa förfaranden innefattar bland annat några okonventionella principer som kommer att närmare beskrivas i patentansökningar som lämnas in samtidigt med denna ansökan.

5

Det är väsentligt och nödvändigt för en lindning i en torr krafttransformator/reaktor enligt uppfinningen att åtminstone en av ledarens kardeler är oisolerad och så anordnad att god elektrisk kontakt åstadkommes med det inre halvledande skiktet. Det inre skiktet kommer således alltid att ligga på ledarens potential.

10

När det gäller kardelerna i övrigt kan samtliga eller vissa av de övriga vara lackerade.

15

Att tillverka transformator- eller reaktorlindningar av en kabel enligt ovan innebär drastiska skillnader vad gäller den elektriska fältfördelningen mellan konventionella krafttransformatorer/reaktorer och en torr krafttransformatorreaktor enligt uppfinningen. Poängen med en sådan kabel är att det inte finns något elektriskt fält utanför det yttre halvledande skiktet. Det av den strömförande ledaren åstadkomna elektriska fältet uppträder endast i den fasta huvudisoleringen. Både ur konstruktions- och tillverkningssynpunkt innebär detta väsentliga fördelar:

20

25 - transformatorns lindningar kan utformas utan att behöva ta hänsyn till någon elektrisk fältfördelning och den under teknikens ståndpunkt omtalade transponeringen av parter bortfaller

30

- transformatorns kärnkonstruktion kan utformas utan att behöva ta hänsyn till någon elektrisk fältfördelning

- det behövs ingen olja för elektrisk isolation av kabel och lindning, dvs kabel och lindnings omgivande medium kan vara luft

35

- den speciella genomföring genom lådan hos en oljefylld krafttransformator för elektrisk förbindelse mellan transformatorns yttre anslutningar och de närmast anslutna spolarna/lindningarna behövs inte

40

- den tillverknings- och provningsteknologi som behövs för en torr krafttransformator enligt uppfinningen är väsentligt enklare än för en konventionell krafttransformator/reaktor eftersom de under teknikens ståndpunkt beskrivna impregnerings-, torknings- och vakuumbehandlingarna m m ej är behövliga.

45

RITNINGSFÖRTECKNING

Figur 1 visar den elektriska fältfördelningen kring en lindning hos en konventionell krafttransformator/reaktor.

5

Figur 2 visar ett exempel på en kabel som används i lindningar hos krafttransformatorer/reaktorer enligt uppfinningen.

10

Figur 3 visar en utföringsform av en krafttransformator enligt uppfinningen.

BESKRIVNING AV UTFÖRINGSFORMER

- 15 Ett exempel på en kabel som kan komma till användning i de lindningar som ingår i torra krafttransformatorer/reaktorer enligt uppfinningen visas i figur 2. En sådan kabel innefattar åtminstone en ledare 4 bestående av ett antal kardeler 5 med ett inre runt kardelerna halvledande skikt 6. Utanför detta inre halvledande skikt finns kabelns
- 20 huvudisolering 7 i form av fast extruderad isolation samt omgivande denna fasta extruderade isolering ett yttre halvledande skikt 8. Kabeln kan, som omtalat tidigare, vara försedd med andra för speciella ändamål ytterligare yttre skikt, exempelvis för att förhindra för höga elektriska påkänningar på övriga områden av transformatorn/reaktorn. Ur
- 25 geometrisk dimensionssynpunkt kommer de aktuella kablarna att ha en ledararea som ligger mellan 80 och 3000 mm² och en yttre kabel diameter som ligger mellan 20 och 250 mm.

- 30 Lindningar hos en torr krafttransformator/reaktor tillverkade av den under redogörelsen för uppfinningen redovisade kabeln kan komma till användning både vid enfas-, trefas- och flerfas-transformatorer/reaktorer oberoende av hur kärnan är utformad. En utföringsform framgår av figur 3 som visar en trefas laminerad kärntransformator. Kärnan består på konventionellt sätt av tre kärnen
- 35 9, 10 och 11 samt de sammanhållande oken 12 och 13. I den visade utföringsformen har både kärnbenen och oken avtrappade tvärsnitt.

- Koncentriskt kring kärnbenen finns de med kabel utformade lindningarna. Den i figur 3 visade utföringsformen har som det framgår
- 40 tre koncentriskt lindningsvarv 14, 15 och 16. Det innersta lindningsvarvet 14 kan representera primärlindningen och de två övriga lindningsvarven 15 och 16 kan representera sekundärlindningen. För att inte belasta figuren med för många detaljer är lindningarnas anslutningar ej visade. Av figuren i övrigt framgår att i den visade
- 45 utföringsformen finns på vissa platser runt lindningarna distansskenor 17 och 18 med flera olika funktioner. Distansskenorna kan vara

utformade av isolerande material avsedda att ge ett visst utrymme mellan de koncentriska lindningsvarven för kylning, stagnering m m. De kan också vara utformade av elektriskt ledande material för att ingå i lindningarnas jordningssystem.

5

10

15

20

25

30

35

40

45



PATENTKRAV

- 5 1. Krafttransformator/reaktor innefattande åtminstone en lindning
k ä n n e t e c k n a d av att lindningen/lindningarna är utförda med en
kabel som innefattar en ledare (4) bestående av ett antal kardeler (5) och
med ett inre runt kardelerna halvledande skikt (6) samt utanför detta
inre halvledande skiktet en fast extruderad isolation (7) och omgivande
denna fasta extruderade isolation ett yttre halvledande skikt (8).
- 10 2. Krafttransformator/reaktor innefattande åtminstone en lindning enligt
patentkrav 1 k ä n n e t e c k n a d av att åtminstone en av ledarens
kardeler är oisolerad och så anordnad att elektrisk kontakt åstadkommes
med det inre halvledande skiktet.
- 15 3. Krafttransformator/reaktor innefattande åtminstone en lindning
enligt patentkrav 1 k ä n n e t e c k n a d av att kablarna är tillverkade
med en ledararea som ligger mellan 80 och 3000 mm² och med en yttre
kabeldiameter som ligger mellan 20 och 250 mm.
- 20 4 3. Krafttransformator/reaktor innefattande åtminstone en lindning enligt
patentkrav 1 k ä n n e t e c k n a d av att krafttransformatorn/reaktorn
innefattar en järnkärna bestående av kärnben och ok.
- 25 54. Krafttransformator/reaktor innefattande åtminstone en lindning enligt
patentkrav 1 k ä n n e t e c k n a d av att krafttransformatorn/reaktorn
är utformad utan järnkärna (luftlindad).
- 30 6 5. Krafttransformator innefattande åtminstone två galvaniskt skilda
lindningar enligt patentkrav 1 k ä n n e t e c k n a d av att lindningarna
är koncentriskt lindade.

35

40

45

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

GL

1997-01-31

10

SAMMANDRAG

15

20

Föreliggande uppfinning handlar om krafttransformatorer/reaktorer (14, 15, 16) där lindningarna tillverkas av en kabel innefattande åtminstone en ledare bestående av ett antal kardeler med ett inre halvledande skikt runt kardelerna. Utanför detta inre halvledande skikt finns kabelns huvudisolering i form av fast extruderad isolation samt omgivande denna fasta isolering ett yttre halvledande skikt. Användning av en sådan kabel medför väsentliga isolationstekniska fördelar relativt konventionellt tillverkade och lindade krafttransformatorer/reaktorer vilket i sin tur innebär att dessa kan utföras utan olja för isolation och kylning (Fig 3).

30

35

40

45

1/1

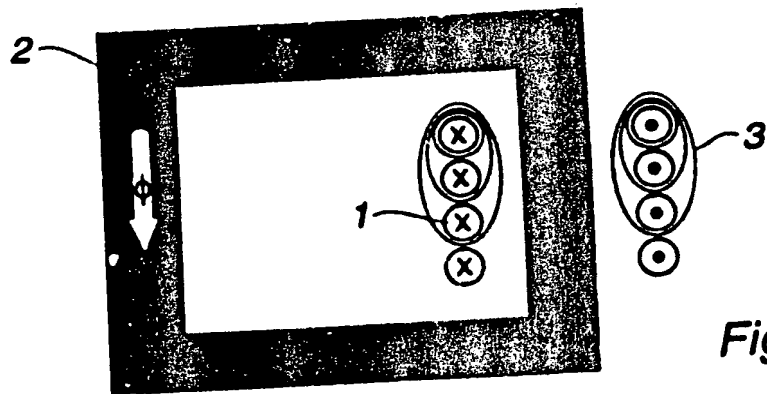


Fig. 1

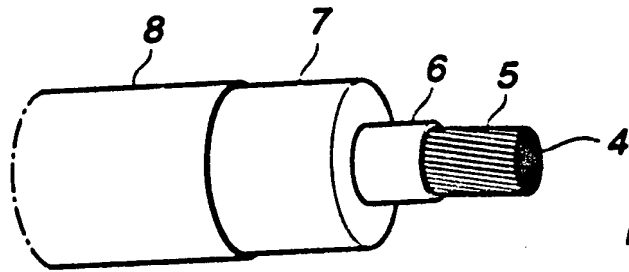


Fig. 2

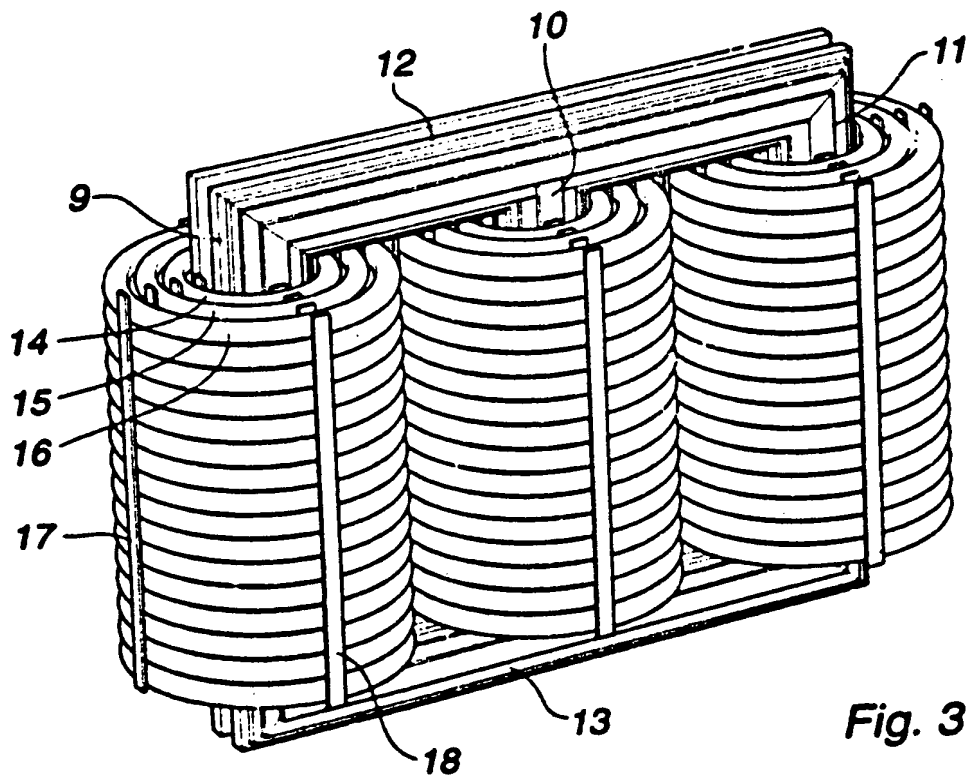


Fig. 3